

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

551385

(43) 国際公開日  
2004年10月14日 (14.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/088342 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01R 31/36
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003925
- (22) 国際出願日: 2004年3月23日 (23.03.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-97463 2003年3月31日 (31.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 矢崎総業株式会社 (YAZAKI CORPORATION) [JP/JP]; 〒108-0073 東京都港区三田1丁目4番28号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 荒井 洋一

(ARAI, Youichi) [JP/JP]; 〒410-1194 静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式会社内 Shizuoka (JP). 宮崎良也 (MIYAZAKI, Yoshiya) [JP/JP]; 〒410-1194 静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式会社内 Shizuoka (JP).

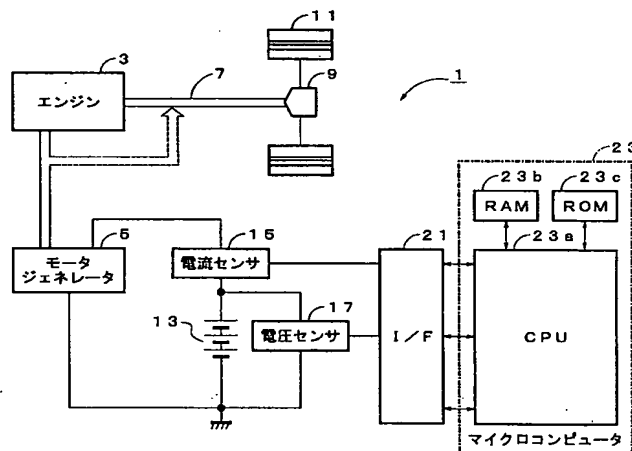
(74) 代理人: 瀧野 秀雄, 外 (TAKINO, Hideo et al.); 〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿2丁目36番13号 広尾SKビル4階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: BATTERY STATUS MONITORING APPARATUS AND METHOD

(54) 発明の名称: バッテリー状態監視装置及びその方法



3...ENGINE  
5...MOTOR GENERATOR  
15...CURRENT SENSOR  
17...VOLTAGE SENSOR  
23...MICROCOMPUTER

(57) Abstract: A microcomputer (23) detects, based on outputs of a current sensor (15) and a voltage sensor (17), a first degree of deterioration caused by an increase in the internal resistance of a battery (13) and a second degree of deterioration caused by inactivation of the active material of the battery (13), and monitors, based on the first and second degrees of deterioration as detected, the battery status.

(57) 要約: マイクロコンピュータ23が、電流センサ15や電圧センサ17の出力に基づいて、バッテリー13の内部抵抗の増加による第1劣化度及びバッテリー13の活物質の不活性化による第2劣化度を検出し、検出した第1及び第2劣化度に基づき、バッテリーの状態を監視する。



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が  
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## バッテリー状態監視装置及びその方法

## 技術分野

この発明は、バッテリー劣化度監視装置及びその方法に係わり、特に、バッテリーの劣化度を監視するためのバッテリー劣化度監視装置及びその方法に関する。

## 背景技術

車両に搭載される車載用のバッテリーは、エンジンの始動や車載電装品の作動の電源として幅広く用いられることから、その充電状態を正確に把握しておくことは非常に重要である。

ところで、バッテリーは一般に充放電を繰り返すと、バッテリーの端子電圧が次第に低下していく。それゆえ、バッテリーの充電状態を正確に把握するに当たっては、バッテリーの最新の劣化状態（劣化度）を認識することが重要な課題である。そこで、従来では、内部抵抗のうち、放電電流や放電時間によって変化しない成分であるバッテリーの純抵抗（オーミック抵抗）を検出し、検出した純抵抗に基づき、劣化の指標である劣化度を求めていた。

ところで、バッテリーの内部抵抗が増加する要因としては、温度変化に起因して一次的に生じてしまう可逆性の劣化と、充放電を繰り返すうちに、格子の腐食、サルフェーション、活物質脱落などが発生し、活物質が不活性化してしまうことにより生じる不可逆性の劣化とがある。

従って、内部抵抗の増加に起因する劣化を監視すれば、上述した可逆性の劣化と不可逆性の劣化とを合わせた劣化を把握することができる。しかしながら、内部抵抗に起因する劣化を監視するだけでは、充放電を繰り返すことにより生じた不可逆性の劣化を把握することができず、バッテリーの状態を正確に把握したとは言えないという問題があった。

そこで、本発明は、上記のような問題点に着目し、バッテリーの状態を正確に把

握することができるバッテリー状態監視装置及びその方法を提供することを課題とする。

### 発明の開示

請求項 1 記載の発明は、バッテリーの状態を監視するためのバッテリー状態監視装置であって、前記バッテリーの内部抵抗の増加による第 1 劣化度を検出する第 1 劣化度検出手段と、前記バッテリーの充電容量の減少要因となる前記バッテリーの活物質の減少による第 2 劣化度を検出する第 2 劣化度検出手段とを備え、前記第 1 劣化度及び第 2 劣化度の両者に基づき、前記バッテリーの状態を監視することを特徴とする。

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載のバッテリー状態監視装置であって、前記第 1 劣化度検出手段は、高率放電が行われたときに検出した前記バッテリーの放電電流及び端子電圧に基づき、前記バッテリーの純抵抗を求め、放電が行われたときに検出した前記バッテリーの放電電流及び端子電圧と、前記バッテリーの純抵抗に基づき、前記純抵抗以外の内部抵抗成分による端子電圧の降下分の飽和値である飽和分極を求め、前記求めた純抵抗及び前記飽和分極に基づき、前記第 1 劣化度を検出することを特徴とする。

請求項 3 記載の発明は、請求項 1 又は 2 記載のバッテリー状態監視装置であって、前記第 2 劣化度検出手段は、新品バッテリーの満充電容量に対する任意時点のバッテリーの満充電容量の減少量に基づき、前記第 2 劣化度を検出することを特徴とする。

請求項 4 記載の発明は、バッテリーの状態を監視するためのバッテリーの状態監視方法であって、前記バッテリーの内部抵抗の増加による第 1 劣化度、及び、前記バッテリーの充電容量の減少要因となる前記バッテリーの活物質の減少量を表す第 2 劣化度の両者に基づき、前記バッテリーの状態を監視することを特徴とする。

### 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明のバッテリー状態監視方法を実施したバッテリー状態監視装置の

一実施の形態を示すブロック図である。第2図は、スタータモータ駆動開始時の突入電流に伴う放電電流の一例を示すグラフである。第3図は、二次近似式で表した $I-V$ 特性の一例を示すグラフである。第4図は、増加方向の近似式から濃度分極成分の除き方の一例を説明するためのグラフである。第5図は、減少方向の近似式から濃度分極成分の除き方の一例を説明するためのグラフである。第6図は、増加方向を一次近似式で表した $I-V$ 特性の一例を示すグラフである。第7図は、減少方向の近似式から濃度分極成分の除き方の他の例を説明するためのグラフである。第8図は、減少方向の近似式から濃度分極成分の除き方の別の例を説明するためのグラフである。第9図は、飽和分極検出条件を満たす放電中におけるバッテリーの内部で発生する電圧降下の内容を説明するためのグラフである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明によるバッテリー状態監視方法を実施したバッテリー状態監視装置の一実施の形態を図面に基づいて説明するが、その前に、バッテリーの内部抵抗増加に起因した第1劣化度（以下、 $SOH1$ ）を算出するために、バッテリーの純抵抗の求め方について説明する。

ところで、バッテリーが搭載され、バッテリーから電力供給されて動作する車両負荷として、12V車、42V車、EV車、HEV車には、スタータモータ、モータジェネレータ、走行用モータなどの大電流を必要とする定負荷が搭載されている。例えば、スタータモータ又はこれに類する大電流定負荷をオンしたとき、定負荷には、その駆動開始の初期の段階で突入電流が流れた後、負荷の大きさに応じた定常値の電流が流れるようになる。因みに、負荷がランプである場合には、突入電流に相当するものをラッシュ電流と呼ぶこともある。

スタータモータとして直流モータを使用している場合、界磁コイルに流れる突入電流は、図2に示すように、定負荷駆動開始直後の例えば3ミリ秒という短時間内に、ほぼ0から定常電流に比べて何倍も大きなピーク値、例えば500(A)まで単調増加した後、このピーク値から例えば150ミリ秒という短時間内に

定負荷の大きさに応じた定常値まで単調減少するような流れ方をし、バッテリーから放電電流として供給される。したがって、定負荷に突入電流が流れる状況で、バッテリーの放電電流とこれに対応する端子電圧を測定することによって、0からピーク値に至る広い範囲の電流変化に対する端子電圧の変化を示すバッテリーの放電電流（I）－端子電圧（V）特性を測定することができる。

そこで、スタータモータをオンしたときに流れる突入電流に相当する模擬的な放電として、0からほぼ200Aまで0.25秒かけて増加し、同じ時間をかけてピーク値から0まで減少する放電を電子負荷を使用してバッテリーに行わせ、そのときのバッテリーの放電電流と端子電圧とを対にして短い一定周期で測定し、これによって得た測定データ対を横軸に放電電流、縦軸に端子電圧をそれぞれ対応させてプロットして図3に示すグラフを得た。図3のグラフに示す放電電流の増加時と減少時の電流－電圧特性は、最小二乗法を用いて以下のような二次式に近似できる。

$$V = a_1 I^2 + b_1 I + c_1 \quad \dots\dots (1)$$

$$V = a_2 I^2 + b_2 I + c_2 \quad \dots\dots (2)$$

なお、図中には、二次の近似式の曲線も重ねて描かれている。

図3中において、電流増加方向の近似曲線の切片と電流減少方向の近似曲線の切片の電圧差（ $c_1 - c_2$ ）は、電流が流れていない0（A）の時の電圧差であるため、純抵抗と活性化分極による電圧降下を含まない、放電によって新たに発生した濃度分極成分のみによる電圧降下と考えられる。従って、この電圧差（ $c_1 - c_2$ ）は、濃度分極のみによるものであり、この電流0（A）点の濃度分極を  $V_{polc0}$  とする。また、任意の濃度分極は、突入電流の大きさに電流の流れた時間に乗じて積算したもの、すなわち Ah（短時間なので、以下 Asec で表す）に比例すると考えられる。

次に、この電流0（A）点の濃度分極  $V_{polc0}$  を利用して電流ピーク値の濃度分極を算出する方法を説明する。今、電流ピーク値の濃度分極を  $V_{polcp}$  とすると、 $V_{polcp}$  は次式のように表される。

$$V_{polcp} = [ (\text{電流増加時の Asec}) / (\text{放電全体の Asec}) ] \times V_{polc0}$$

…… (3)

なお、放電全体の  $A_{sec}$  は次式で表される。

放電全体の  $A_{sec} = (\text{電流増加時の } A_{sec} + \text{電流減少時の } A_{sec})$

上述のようにして求めたピーク値における濃度分極  $V_{polcp}$  を式 (1) の電流増加方向のピーク値における電圧に加算して、図 4 に示すように、ピーク値における濃度分極成分を削除する。なお、ピーク値における濃度分極成分を削除した後の電圧を  $V_1$  とすると、 $V_1$  は次式で表される。

$$V_1 = a_1 I_p^2 + b_1 I_p + c_1 + V_{polcp}$$

$I_p$  はピーク値における電流値である。

次に、増加方向時の図 4 で示すような純抵抗と活性化分極だけの電流－電圧特性の近似式を仮に次式で表す。

$$V = a_3 I^2 + b_3 I + c_3 \quad \dots\dots (4)$$

放電開始前である電流が 0 (A) の点は、活性化分極も極性分極も発生していないため、式 (1) より、 $c_3 = c_1$  である。また、電流増加の初期状態から電流は急激に増加するが、濃度分極の反応は遅く、反応がほとんど進行していないとすると、式 (1) および (4) の電流が 0 (A) の点の微分値は等しくなるので、 $b_3 = b_1$  である。従って、 $c_3 = c_1$ 、 $b_3 = b_1$  を代入することで、式 (4) は

$$V = a_3 I^2 + b_1 I + c_1 \quad \dots\dots (5)$$

と書き直され、未知数は  $a_3$  のみとなる。

次に、式 (5) に電流増加のピーク値の座標 ( $I_p$ 、 $V_1$ ) を代入して  $a_3$  について整理すると、次式が求められる。

$$a_3 = (V_1 - b_1 I_p - c_1) / I_p^2$$

従って、純抵抗と活性化分極成分だけの電流－電圧特性の近似式 (4) が式 (5) によって決定される。

続いて、電流減少曲線からの濃度分極成分の削除の仕方を、以下説明する。純抵抗と活性化分極の電流減少方向の関係式は、電流ピーク値における濃度分極の削除と同様の方法で可能である。ピーク値以外の 2 点を A 点および B 点とし、各点における濃度分極  $V_{polcA}$ 、 $V_{polcB}$  を次式のようにして求める。

$$V_{polcA} = [ ( \text{電流増加時開始から A 点までの } A_{sec} ) / ( \text{放電全体の } A_{sec} ) ] \times V_{polc0} \quad \dots\dots (6)$$

$$V_{polcB} = [ ( \text{電流増加時開始から B 点までの } A_{sec} ) / ( \text{放電全体の } A_{sec} ) ] \times V_{polc0} \quad \dots\dots (7)$$

上式 (6) および (7) によって、ピーク値以外に濃度分極成分を削除した 2 点が求まったら、この 2 点とピーク値との 3 点の座標を利用して次式で表される、図 5 に示すような、純抵抗と活性化分極の電流減少方向曲線が求められる。

$$V = a_4 I^2 + b_4 I + c_4 \quad \dots\dots (8)$$

なお、式 (8) の係数  $a_4$ 、 $b_4$ 、 $c_4$  は、2 点 A 及び B とピーク点の電流値と電圧値とを、式 (8) にそれぞれ代入して立てた 3 点の連立方程式を解くことによって決定できる。

次に、バッテリーの純抵抗の算出の仕方を説明する。上式 (5) で表される濃度分極成分を削除した純抵抗と活性化分極の電流増加方向の曲線と、式 (8) で表される同じく濃度分極成分を削除した純抵抗と活性化分極の電流減少方向の曲線との相違は、活性化分極成分の相違によるものであるので、活性化分極成分を除けば純抵抗が求められる。

ところで、活性化分極が互いに等しい値となる両曲線のピーク値に着目し、ピーク値での電流増加の微分値  $R_1$  と電流減少の微分値  $R_2$  とを次式によって求める。

$$R_1 = 2 \times a_3 \times I_p + b_3 \quad \dots\dots (10)$$

$$R_2 = 2 \times a_4 \times I_p + b_4 \quad \dots\dots (11)$$

上式によって求められる微分値  $R_1$  および  $R_2$  の差は、一方が活性化分極の増加方向でのピーク値であるのに対し、他方が減少方向でのピーク値であることに基因する。そして、突入電流に相当する模擬的な放電として、0 から 200 A まで 0.25 秒かけて増加し、同じ時間をかけてピーク値から 0 まで減少する放電を電子負荷を使用してバッテリーに行わせた場合には、ピーク値近傍での両者の変化率が等しく、両者の中間に純抵抗による電流－電圧特性が存在すると理解できるので、両微分値を加算して 2 で割ることによって、純抵抗  $R$  を次式によって求



めることができる。

以上は、突入電流に相当する模擬的な放電を電子負荷を使用してバッテリーに行わせた場合について説明したが、実車両の場合には、上述したようにスタータモータとして直流モータを使用しているとき、界磁コイルに突入電流が流れている間に電流はピークに達し、クランキングはピークに達した後ピーク電流の半分以下に低下した電流で作動している。

従って、電流増加方向は3ミリ秒 (m s e c) という短時間で終了してしまい、電流増加ピーク値ではほとんど濃度分極が発生しない早い電流の変化であるが、電流減少方向は電流増加方向に比べて150 m s e cという長い時間電流が流れるので、減少方向とはいえ、大きな濃度分極が発生する。ただし、クランキング期間については、突入電流の流れている期間とは異質の現象が生じているので、この期間のバッテリーの放電電流と端子電圧については、電流減少方向の電流－電圧特性を決定するためのデータとしては使用しないようにする。

このような状況で、実車両では、図6に示すように、電流増加方向は電流増加開始点とピーク値の2点間を結ぶ直線にて近似することができ、しかもこのピーク値500 (A) での濃度分極の発生は0 (A) と近似することも可能である。この場合には、電流増加方向については、ピーク値の微分値としては、電流増加方向の近似直線の傾きを使用することになる。

ただし、このような場合には、電流増加方向の近似直線の傾きと、電流減少方向の二次の近似式のピーク点における接線の傾きとを単純に加算平均することはできない。何故ならば、このような状況では、ピーク点までとそれ以降で、活性化分極の発生度合いが全く異なり、ピーク値近傍での両者の変化率が等しくなるという前提が成立しなくなるからである。

このような場合には、純抵抗を求めるに当たって、濃度分極による電圧降下を除いた第1及び第2の近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値、すなわち、傾きに、突入電流が流れている総時間に占める単調増加期間及び単調減少期間の時間の割合をそれぞれ乗じた上で加算すればよい。すなわち、総時間を単調増加及び単調減少にそれぞれ要した時間で

比例按分した按分率を各傾きに乘じた上で加算することになる。このようにすることによって、活性化分極と濃度分極とが相互に影響し合うことを考慮して純抵抗を求めることができる。

すなわち、活性化分極は原則電流値に応じた大きさのものが生じるが、その時々濃度分極量に左右され、原則通りには生じることにならず、濃度分極が小さければ活性化分極も小さくなり、大きければ大きくなる。何れにしても、濃度分極成分による電圧降下を除いた2つの近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値の中間の値をバッテリーの純抵抗の値として測定することができる。

また、最近の車両では、モータとしては、マグネットモータなどのDCブラシレスなどの三相入力を必要とする交流モータが使用されることが増えてきている。このようなモータの場合、突入電流はそれ程早く短時間にピーク値に達することがなく、100 msecほどの時間を要し、電流増加方向においても濃度分極の発生が起こるので、上述した模擬的な放電の場合と同様に、電流増加方向の電流変化曲線は曲線近似することが必要になる。

また、純抵抗と活性化分極の電流減少方向の近似をする場合、ピーク値とこれ以外の2点を定める際、図7に示すように、B点として電流0 (A) の点を使用すると、近似式を求める際の計算を簡略化することができる。

さらに、例えば、ピーク電流の1/2程度の電流値に対応する点に濃度分極の削除した点を定めた場合、図8に示すように、この点とピーク値の2点を結ぶ直線に一次近似してもよい。この場合、電流減少方向については、ピーク値の微分値としては、電流減少方向の近似直線の傾きを使用することになるが、二次曲線を使用したものと変わらない、精度のよい純抵抗が求められる。

以上要するに、濃度分極成分による電圧降下を除いた2つの近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値の中間の値をバッテリーの純抵抗の値として測定することができる。

そこで、車載バッテリー純抵抗測定方法を、定負荷として、増加する放電電流及び減少する放電電流のいずれにおいても濃度分極の発生を伴う突入電流が流れる

例えばスタータモータが使用されている場合について具体的に説明する。

定負荷が動作されると、バッテリーからは定常値を越えて単調増加しピーク値から定常値に単調減少する放電電流が流れる。このときのバッテリーの放電電流と端子電圧とを、例えば100マイクロ秒 ( $\mu \text{sec}$ ) の周期にてサンプリングすることで周期的に測定し、バッテリーの放電電流と端子電圧との組が多数得られる。

このようにして得られたバッテリーの放電電流と端子電圧との組の最新のものを、所定時間分、例えばRAMなどの書換可能な記憶手段としてのメモリに格納、記憶して収集する。メモリに格納、記憶して収集した放電電流と端子電圧との組を用いて、最小二乗法により、端子電圧と放電電流との相関を示す増加する放電電流及び減少する放電電流に対する電流－電圧特性について式(1)及び(2)に示すような2つの曲線近似式を求める。次に、この2つの近似式から濃度分極成分による電圧降下を削除し、濃度分極成分を含まない修正した曲線近似式を求める。

このために、まず、式(1)及び(2)の近似式の電流が流れていない0(A)の時の電圧差を、純抵抗と活性化分極による電圧降下はなく、濃度分極によるものであるとして求める。また、この電圧差を利用して、増加する放電電流についての電流－電圧特性の近似式(1)上の電流ピーク値での濃度分極成分による電圧降下を求める。このために、濃度分極は、電流の大きさに電流の流れた時間に乗じた電流時間積によって変化していることを利用する。

増加する放電電流についての電流－電圧特性の近似式上の電流ピーク値での濃度分極成分による電圧降下が求まったら次に、濃度分極成分の含まない近似式と含む近似式のいずれも定数及び一次係数が等しいとして、含まない近似式の二次係数を定め、増加する放電電流についての電流－電圧特性の近似式について修正した曲線近似式(5)を求める。

次に、減少する放電電流に対する電流－電圧特性について近似式(2)から濃度分極成分の含まない近似式を求める。このために、ピーク値以外に濃度分極成分を削除した2点を求める。この際に、濃度分極は、電流の大きさに電流の流れた時間に乗じた電流時間積によって変化していることを利用する。そして、ピー

ク値以外に濃度分極成分を削除した2点が求まったら、この2点とピーク値との3点の座標を利用して、減少する放電電流についての電流－電圧特性の近似式(2)について修正した曲線近似式(8)を求める。

上式(5)で表される濃度分極成分を削除した純抵抗と活性化分極の電流増加方向の修正曲線近似式と、式(8)で表される濃度分極成分を削除した純抵抗と活性化分極の電流減少方向の修正曲線近似式は、活性化分極成分の相違によるものである。活性化分極成分を除けば純抵抗が求められる。このために、両近似式のピーク値に着目し、ピーク値での電流増加の微分値と電流減少の微分値との差は、一方が活性化分極の増加方向であるのに対し、他方が減少方向であることに基因するものであるが、ピーク値近傍での両者の変化率の中間に純抵抗による電流－電圧特性が存在するとし、両微分値に突入電流が流れている総時間に占める単調増加期間及び前記単調減少期間の時間の割合をそれぞれ乗じた上で加算することによって、純抵抗を求める。

例えば、電流増加時間が3 msec、電流減少時間が100 msecとし、ピーク値での電流増加の微分値を $R_{polk1}$ 、と電流減少の微分値を $R_{polk2}$ とすると、以下のようなようにして純抵抗 $R_n$ を算出することができる。

$$R_n = R_{polk1} \times 100 / 103 + R_{polk2} \times 3 / 103$$

また、バッテリーの平衡状態における車両用バッテリーの開回路電圧は、例えば、車両のイグニッションスイッチがオフされてから一定の充放電分極が解消されるのに十分な時間が経過する毎に、バッテリーからの電力供給により作動する負荷を、コンピュータ等の暗電流供給が必要な負荷を除いて開放した状態で、端子電圧を測定して、これを最新の平衡状態における開回路電圧とする方法等によって、検出することができる。

次に、純抵抗以外の内部抵抗成分による端子電圧の降下分の飽和値である飽和分極を求め方について説明する。

まず、バッテリーが実際に負荷に放出できるエネルギーは、バッテリーの端子電圧の値に相当する充電容量(電流時間積)から、放電中にバッテリーの内部で発生する電圧降下分に相当するよう量、すなわち、バッテリーの内部抵抗により放電できな

い容量をを差し引いた、残りの容量と いうことになる。

そして、飽和分極検出条件を満たす放電中におけるバッテリーの内部で発生する電圧降下は、図 9 に示すように、バッテリーの純抵抗の成分による電圧降下分（図中  $I R$  降下と表記）と、純抵抗の成分以外の内部抵抗成分による電圧降下分（図中飽和分極と表記）とに分けて考えることができる。

ところで、バッテリーの純抵抗の成分以外の内部抵抗成分による電圧降下分は、放電電流に同期して増減しないので、例えば上述した方法により純抵抗を求めて、その純抵抗の成分による放電電流に比例する電圧降下分が解るバッテリーについては、残る、分極成分による電圧降下分が、最大値、則ち、飽和値を迎えるタイミングを捉える必要がある。

そこで、図 9 中の太線の曲線で示す部分のように、平衡状態からの短時間の放電の際に周期的に測定されたバッテリーの放電電流と端子電圧から、下記に示す電流－電圧特性の近似式を求める。

$$V = a I^2 + b I + c \quad \cdots (12)$$

上記バッテリーの端子電圧  $V$  は、バッテリーの純抵抗  $R_n$  の成分による電圧降下分と純抵抗の成分以外の内部抵抗成分による電圧降下分  $V_R$  との合計によって、下記に示すようにも表される。

$$V = c - R_n \times I - V_R \quad \cdots (13)$$

式(12)及び(13)から下記の式を求めることができる。

$$a I^2 + b I + c = c - R_n \times I - V_R \quad \cdots (14)$$

上記式(14)を微分して、バッテリーの純抵抗成分以外の内部抵抗成分による電圧降下の変化率  $d V_R / d I$  を求める。

$$d V_R / d I = 2 a I + b - R_n \quad \cdots (15)$$

上記変化率  $d V_R / d I$  がゼロとなったときの充電電流が、バッテリーの純抵抗の成分以外の内部抵抗成分による電圧降下分が最大値（飽和値）を迎えたときの、端子電圧降下飽和電流値  $I_{pol} (= (b - R_n) / 2 a)$  に相当する。

そして、求めた端子電圧降下飽和電流値  $I_{pol}$  を、バッテリーの純抵抗  $R_n$  の値と共に、上述した式 (14) に放電電流  $I$  として代入して、純抵抗の成分以外の内

部抵抗成分による電圧降下分の飽和値を示す飽和分極  $V_{R\ pol}$  ( $= -a I_{pol}^2 - b I_{pol} - R_n \times I_{pol}$ ) を求める。

このようにして、純抵抗以外の内部抵抗成分による電圧降下分の飽和値を示す飽和分極  $V_{R\ pol}$  を求めたならば、次に、バッテリーの純抵抗  $R_n$  及び飽和分極  $V_{R\ pol}$  を用いて  $SOH1$  を求める。

$SOH1$  は、バッテリーに蓄えられた電気量である充電容量（以下、 $SOC$ ）に対する、充電容量から内部抵抗により放電できない容量を差し引いた、放電可能容量（ $ADC$ ）の比率を算出することにより求める。

$$SOH1 = ADC / SOC \times 100 (\%)$$

ところで、上述した放電可能容量  $ADC$  に相当する電圧値  $V_{ADC}$  は、以下に示すようにして求めることができる。

$$V_{ADC} = OCV_n - R_n \times I_p - V_{R\ pol}$$

なお、 $OCV_n$  はバッテリーの開回路電圧であり、 $I_p$  はこの放電のピーク電流値である。上述したように  $V_{R\ pol}$  を差し引くことにより、放電を継続したときに生じる最も低い電圧  $V_{ADC}$  を求めることができる。

そして、上記のようにして求めた電圧値  $V_{ADC}$  から、以下に示す電圧方式の換算式によって放電可能容量  $ADC$  を求めることができる。

$$ADC = \{ (V_{ADC} - V_e) / (OCV_f - OCV_e) \} \times 100 \%$$

$$V_e = OCV_f - I \times R_{r.f}$$

但し、上式において  $OCV_f$  は、新品時のバッテリーの満充電時における開回路電圧であり、 $OCV_e$  は新品時のバッテリーの放電終止時における開回路電圧である。さらに、 $R_{r.f}$  は、開回路電圧  $OCV_n$ 、つまり、放電開始時のバッテリーの充電容量に対する新品バッテリーの純抵抗（＝オーミック抵抗）の設計値に相当する。

また、 $SOC$  は、下記の式から求めることができる。

$$SOC = \{ (OCV_n - OCV_e) / (OCV_f - OCV_e) \} \times 100 \%$$

従って、上記  $SOH1$  は、バッテリーの純抵抗  $R_n$  及び飽和分極  $V_{R\ pol}$  を下記の式に代入することにより求めることができる。

$$SOH1 = \{ (V_{ADC} - V_e) / (OCV_n - OCV_e) \} \times 100\% \quad \dots (16)$$

次に、バッテリーの充電容量の減少要因となるバッテリーの活物質の減少による第2劣化度（以下、SOH2）を算出する方法について説明する。

SOH2は、新品バッテリーの満充電容量に対する任意時点のバッテリーの満充電容量の減少量に基づいて求める。

一般的に、設計時のバッテリー、すなわち、新品バッテリーについては、V（ボルト）で表される満充電時開回路電圧OCV<sub>f</sub>及び放電終止電圧OCV<sub>e</sub>と、満充電開回路電圧から放電終止電圧までバッテリーに蓄えることができるAh（アンペア・時間）で表される初期電気量が予め定めることができる。上記満充電時開回路電圧OCV<sub>f</sub>が新品バッテリーの満充電容量に相当する。

従って、任意時点のバッテリーの満充電容量に相当する、任意時点のバッテリーの満充電時開回路電圧OCV<sub>d</sub>が分かれば、このOCV<sub>d</sub>と上記のように予め定められたOCV<sub>f</sub>とから、新品バッテリーの満充電容量に対する任意時点のバッテリーの満充電容量の減少量が分かることになる。

まず、OCV<sub>d</sub>を検出する方法について説明する。車両において、バッテリーは、一般的に、満充電状態にまで至らない中間的な充電状態で使用されている。このような中間的な充電状態で充放電を繰り返している間に発生する劣化を改善させる目的で、バッテリーを定期的に満充電状態まで充電してリフレッシュすることが行われる。OCV<sub>d</sub>は、このようなリフレッシュ充電時の充電効率の低下を観測することにより検出することができる。

すなわち、リフレッシュ充電時にバッテリーの充電状態が満充電に近づくと、充電効率は、ガッシングによるガス化抵抗成分の増加に起因して低下する（例えば、ほぼゼロに近い値まで低下する）ので、リフレッシュ充電中定期的に充電効率を算出し、算出した充電効率における上述の低下現象を観測することにより、バッテリーが満充電状態に至った時点を判断することができ、その時点の開回路電圧をOCV<sub>d</sub>として検出することができる。

なお、開回路電圧とバッテリーに蓄えられる電気量との関係は、例えば、電解液

の減少などによって新品時に比べて変化する。このため、OCV<sub>d</sub>を、その変化量によって補正すれば、さらに正確な満充電容量及び第2劣化度を求めることができる。

次に、本発明のバッテリー状態監視方法を実施したバッテリー状態監視装置をその概略構成を示す図1を参照して説明する。

図1は本発明の放電可能容量算出方法及びバッテリー状態監視方法を実施したバッテリー状態監視装置の一実施形態を示すブロック図である。図1中引用符号1で示す本実施形態のバッテリー状態監視装置は、エンジン3に加えてモータジェネレータ5を有するハイブリッド車両に搭載されている。

そして、このハイブリッド車両は、通常時はエンジン3の出力のみをドライブシャフト7からディファレンシャルケース9を介して車輪11に伝達して走行させ、高負荷時には、バッテリー13からの電力によりモータジェネレータ5をモータとして機能させて、エンジン3の出力に加えてモータジェネレータ5の出力をドライブシャフト7から車輪11に伝達し、アシスト走行を行わせるように構成されている。

また、このハイブリッド車両は、減速時や制動時にモータジェネレータ5をジェネレータ（発電機）として機能させ、運動エネルギーを電気エネルギーに変換して、各種の負荷に対して電力を供給するためにハイブリッド車両に搭載されたバッテリー13を充電させるように構成されている。

尚、モータジェネレータ5はさらに、不図示のスタータスイッチのオンに伴うエンジン3の始動時に、エンジン3のフライホイールを強制的に回転させるセルモータとして用いられる。

また、バッテリー状態監視装置1は、アシスト走行用のモータやセルモータとして機能するモータジェネレータ5等に対するバッテリー13の放電電流 $I$ や、ジェネレータとして機能するモータジェネレータ5からのバッテリー13に対する充電電流を検出する電流センサ15と、バッテリー13に並列接続した無限大抵抗を有し、バッテリー13の端子電圧 $V$ を検出する電圧センサ17とを備えている。

尚、上述した電流センサ15及び電圧センサ17は、イグニッションスイッチ



のオン状態によって閉回路状態となる 回路上に配置されている。

また、本実施形態の車載用バッテリー充電電気量検出装置 1 は、上述した電流センサ 15 や電圧センサ 17 の出力がインタフェース回路（以下、「I/F」と略記する。）21 における A/D 変換後に取り込まれるマイクロコンピュータ（以下、「マイコン」と略記する。）23、及び、不揮発性メモリ（NVM）25 をさらに備えている。

そして、前記マイコン 23 は、CPU 23a、RAM 23b、及び、ROM 23c を有しており、このうち、CPU 23a には、RAM 23b 及び ROM 23c の他、前記 I/F 21 が接続されており、また、上述した不図示のイグニッションスイッチのオンオフ状態を示す信号が入力される。

前記 RAM 23b は、各種データ記憶用のデータエリア及び各種処理作業に用いるワークエリアを有しており、前記 ROM 23c には、CPU 23a に各種処理動作を行わせるための制御プログラムが格納されている。

従って、上記した各種の検出を、電流センサ 15 や電圧センサ 17 の出力に基づいてマイクロコンピュータ 23 が行うことで、バッテリー 13 の SOH1 や SOH2 が検出されることになる。このことから、マイクロコンピュータ 23 が第 1 及び第 2 劣化度検出手段として働くことがわかる。また、マイクロコンピュータ 23 は、上記算出した SOH1 及び SOH2 に基づいて、バッテリー 13 状態の監視を行う。

以上のバッテリー状態監視装置によれば、SOH1 により、不可逆性及び可逆性の劣化を合わせた劣化を把握することができ、SOH2 により、不可逆性の劣化を把握することができるので、SOH1 及び SOH2 の両方に基づき、バッテリーの状態を監視すれば、バッテリーの状態を正確に把握することができる。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、請求項 1 及び 4 記載の発明によれば、バッテリーの内部抵抗の増加による第 1 劣化度、及び、バッテリーの充電容量の減少要因となるバッテリーの活物質の減少による第 2 劣化度を検出する。そして、検出した第 1 及び第 2 劣化度の両者に基づき、バッテリーの状態を監視する。このことにより、第 1 劣化度によ

り、不可逆性及び可逆性の劣化を合わせた劣化を把握することができ、第2劣化度により、不可逆性の劣化を把握することができるので、第1及び第2劣化度の両方に基づき、バッテリーの状態を監視すれば、バッテリーの状態を正確に把握することができるバッテリー状態監視装置及びその方法を得ることができる。

また、請求項2記載の発明によれば、第1劣化度検出手段が、高率放電が行われたときに検出したバッテリーの放電電流、端子電圧に基づき、バッテリーの純抵抗を求め、放電が行われたときに検出したバッテリーの放電電流、端子電圧と、バッテリーの純抵抗に基づき、純抵抗以外の内部抵抗成分による端子電圧の降下分の飽和値である飽和分極を求め、求めた純抵抗及び前記飽和分極に基づき、第2劣化度を検出する。このことにより、各種放電が行われたときのバッテリーの放電電流と端子電圧とを検出し、この検出結果を処理するだけで、純抵抗と、飽和分極とを求めることができる。しかも、飽和分極を求めることにより、放電が継続して、放電できる容量が最も低くなる点での第1劣化度を監視することができるので、より一層バッテリーの状態を正確に把握することができるバッテリー状態監視装置を得ることができる。

また、請求項3記載の発明によれば、第2劣化度検出手段が、新品バッテリーの満充電容量に対する任意時点のバッテリーの満充電容量の減少量に基づき、前記第2劣化度を検出する。このことにより、満充電容量の減少量を求めることで、簡単に第2劣化度を求めることができるバッテリー状態監視装置を得ることができる。

## 請求の範囲

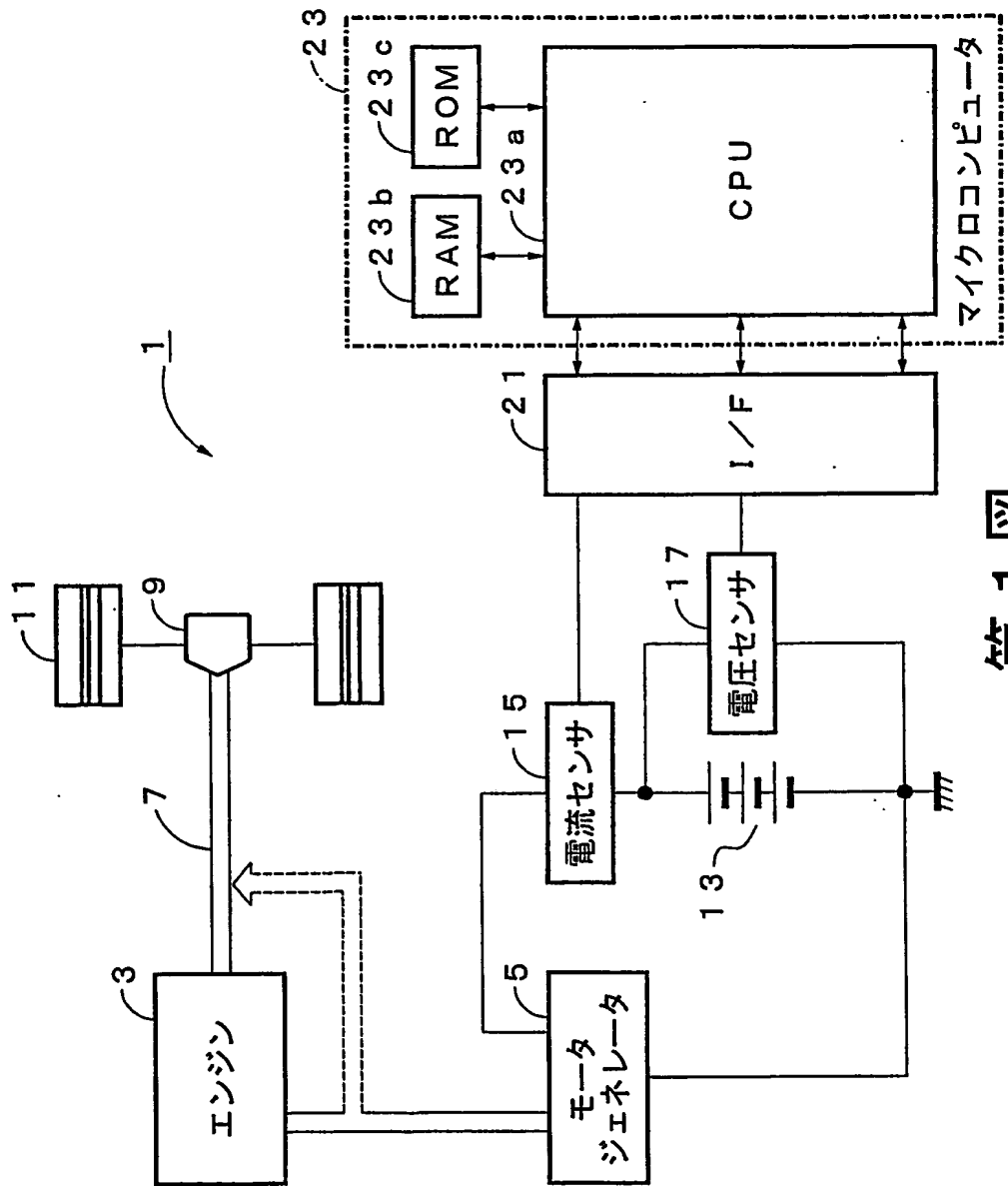
1. バッテリーの状態を監視するためのバッテリー状態監視装置であって、前記バッテリーの内部抵抗の増加による第1劣化度を検出する第1劣化度検出手段と、前記バッテリーの充電容量の減少要因となる前記バッテリーの活物質の減少による第2劣化度を検出する第2劣化度検出手段とを備え、前記第1劣化度及び第2劣化度の両者に基づき、前記バッテリーの状態を監視することを特徴とするバッテリー状態監視装置。

2. 請求項1記載のバッテリー状態監視装置であって、前記第1劣化度検出手段は、高率放電が行われたときに検出した前記バッテリーの放電電流及び端子電圧に基づき、前記バッテリーの純抵抗を求め、放電が行われたときに検出した前記バッテリーの放電電流及び端子電圧と、前記バッテリーの純抵抗に基づき、前記純抵抗以外の内部抵抗成分による端子電圧の降下分の飽和値である飽和分極を求め、前記求めた純抵抗及び前記飽和分極に基づき、前記第1劣化度を検出することを特徴とするバッテリー状態監視装置。

3. 請求項1又は2記載のバッテリー状態監視装置であって、前記第2劣化度検出手段は、新品バッテリーの満充電容量に対する任意時点のバッテリーの満充電容量の減少量に基づき、前記第2劣化度を検出することを特徴とするバッテリー状態監視装置。

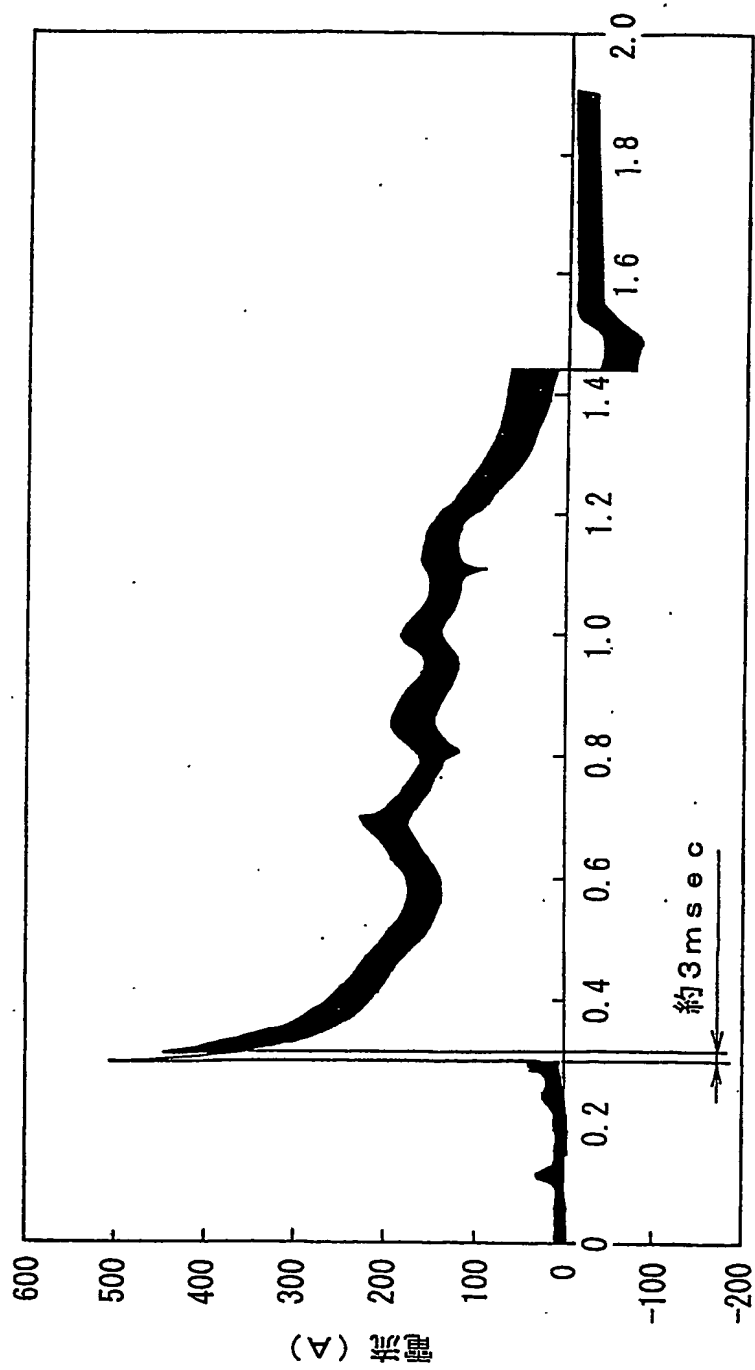
4. バッテリーの状態を監視するためのバッテリーの状態監視方法であって、前記バッテリーの内部抵抗の増加による第1劣化度、及び、前記バッテリーの充電容量の減少要因となる前記バッテリーの活物質の減少量を表す第2劣化度の両者に基づき、前記バッテリーの状態を監視することを特徴とするバッテリー状態監視方法。

1/9



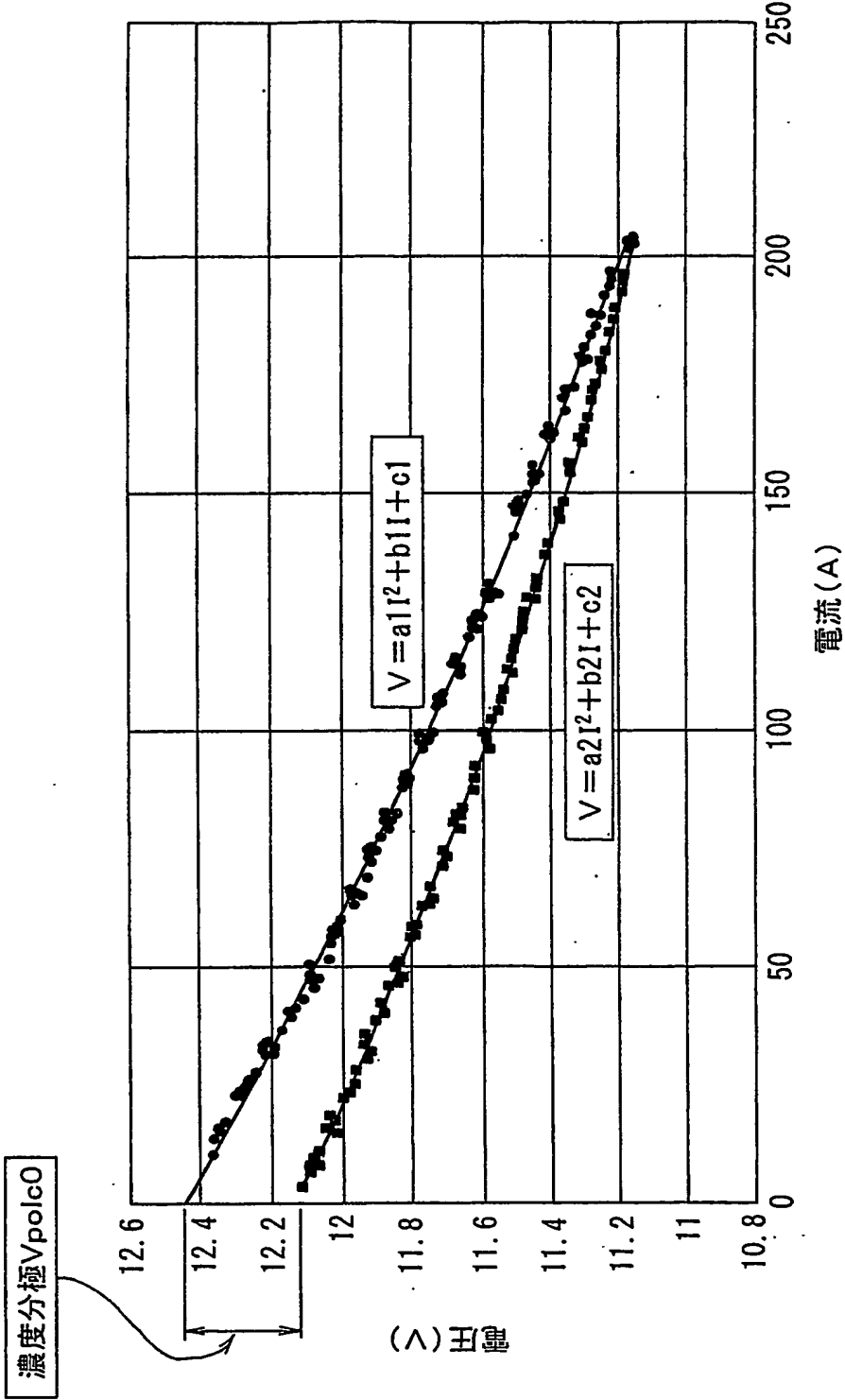
第1図

2/9

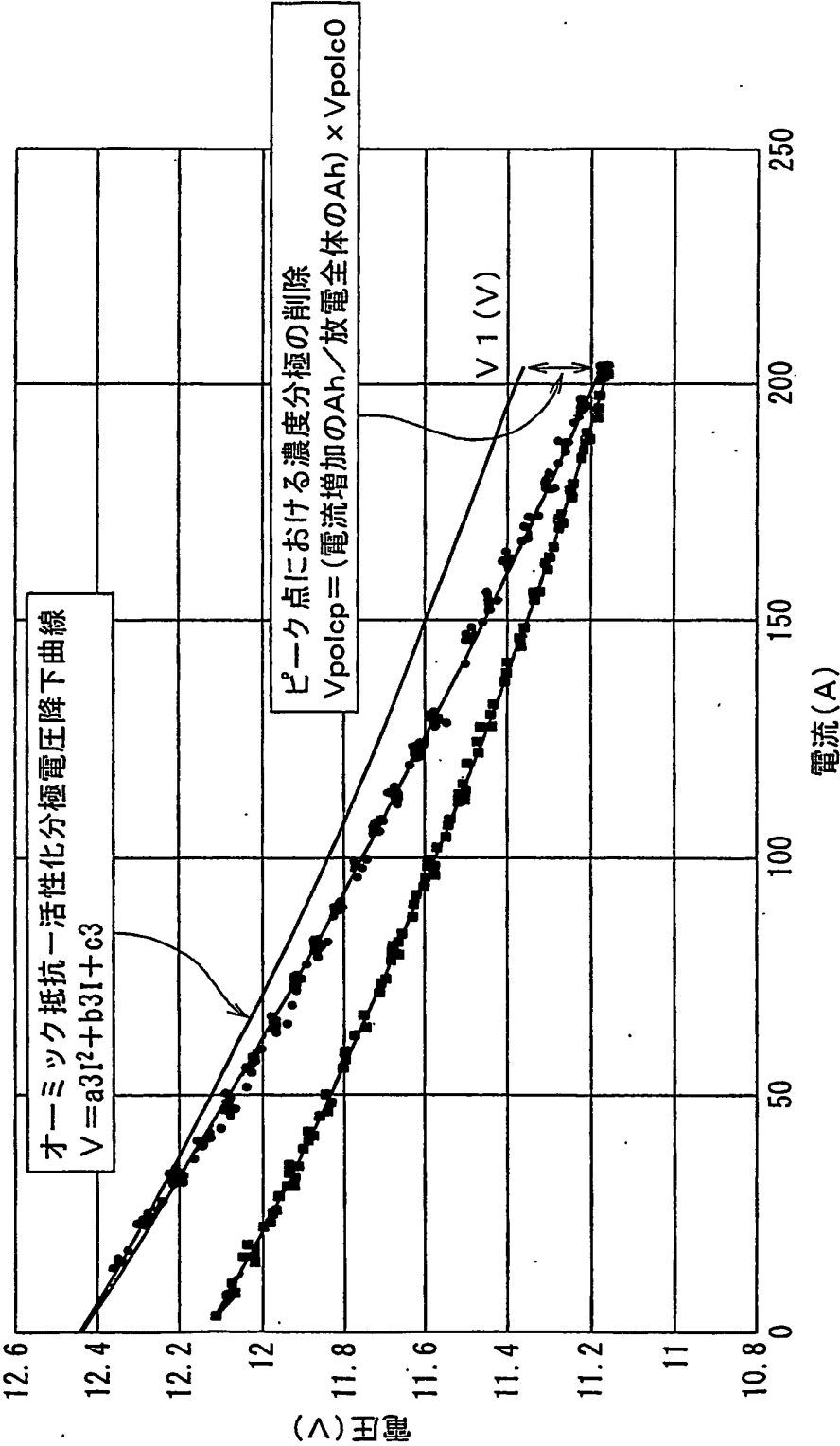


時間 (秒)

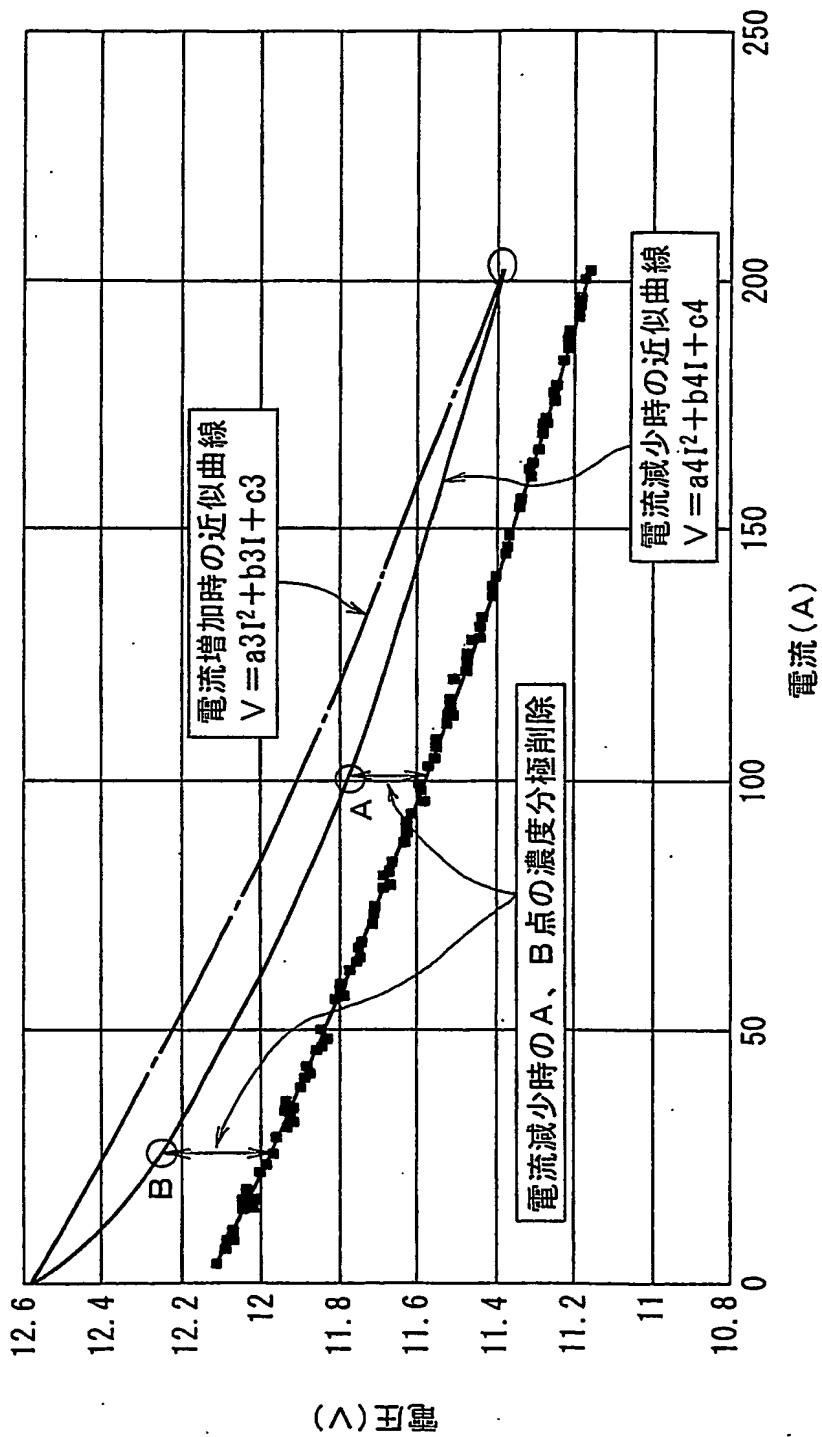
第2図



第3図

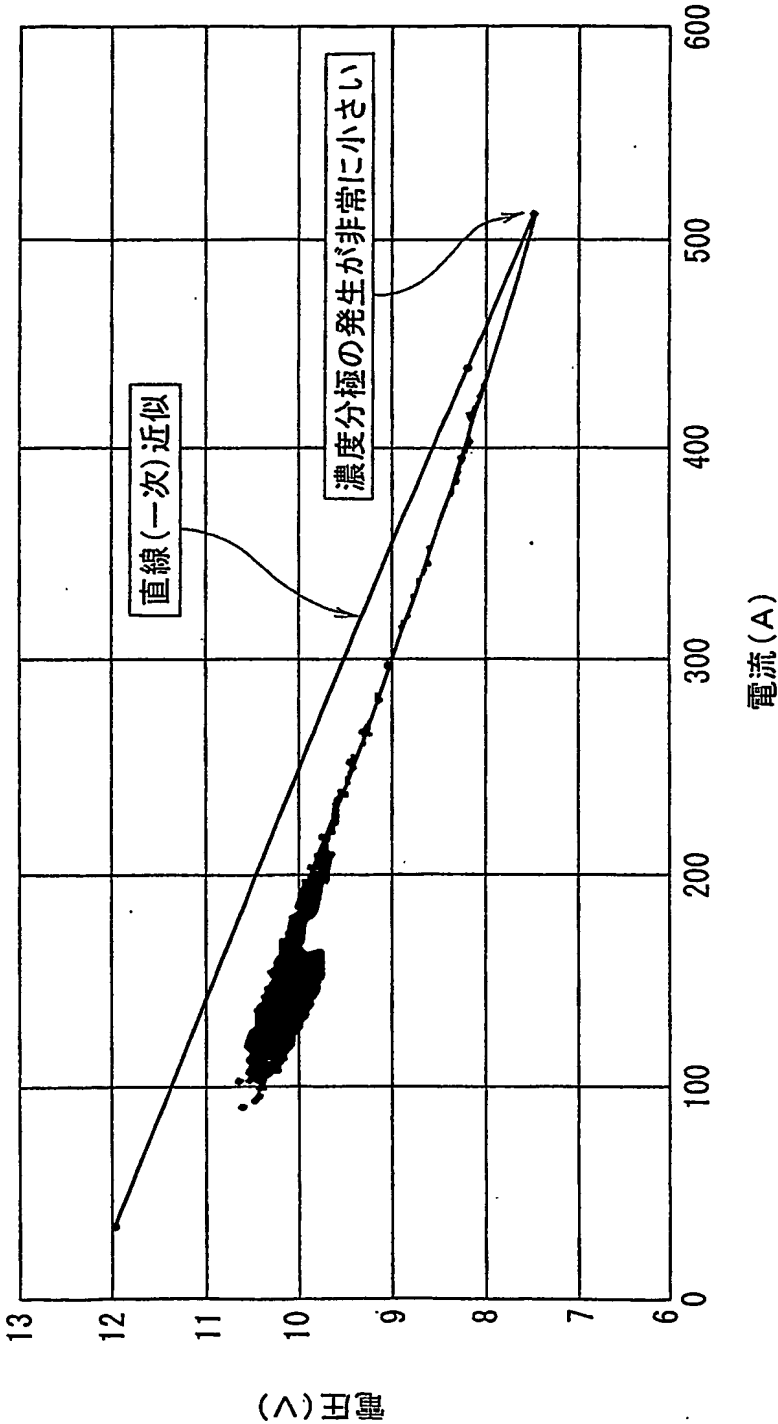


第4図

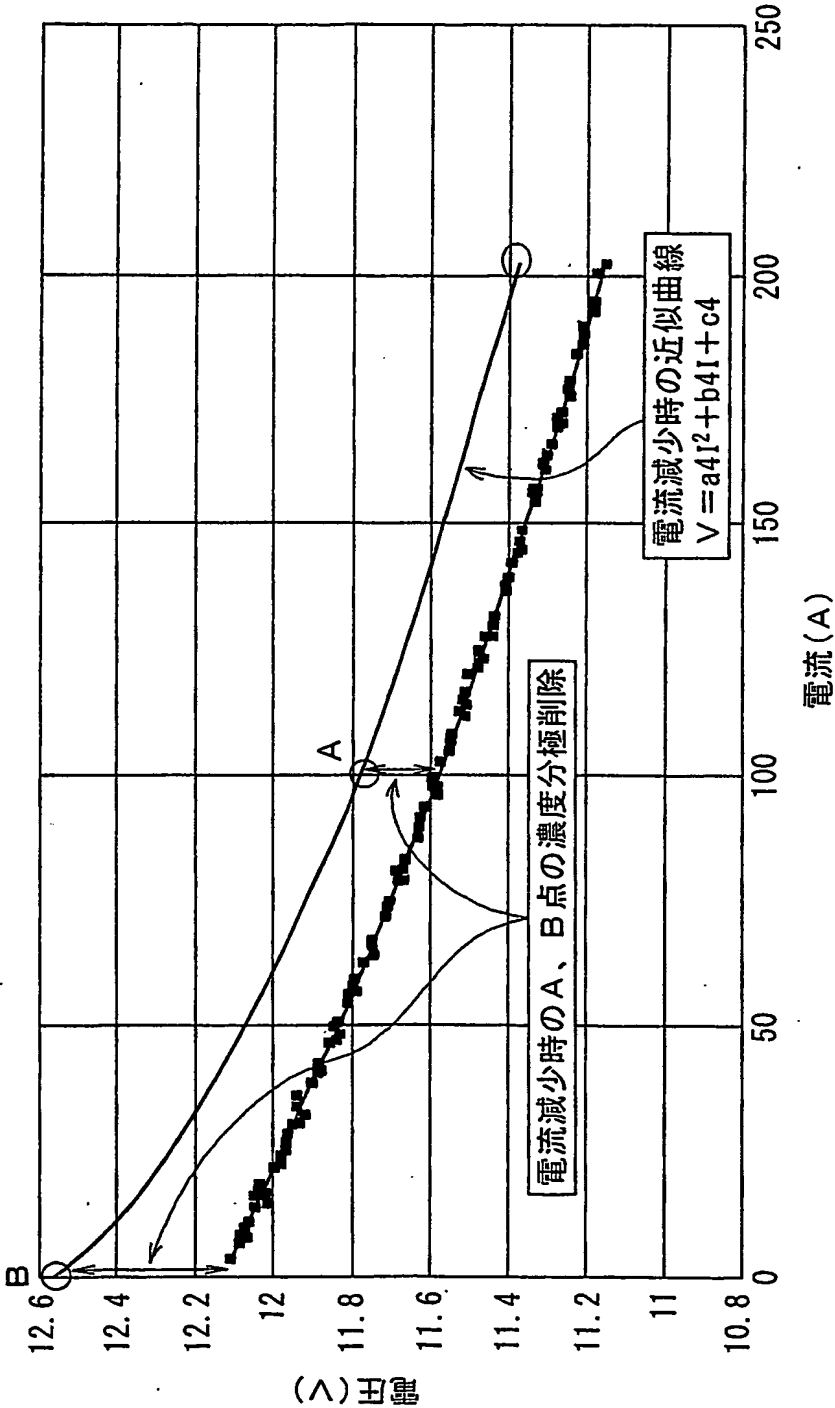


第5図

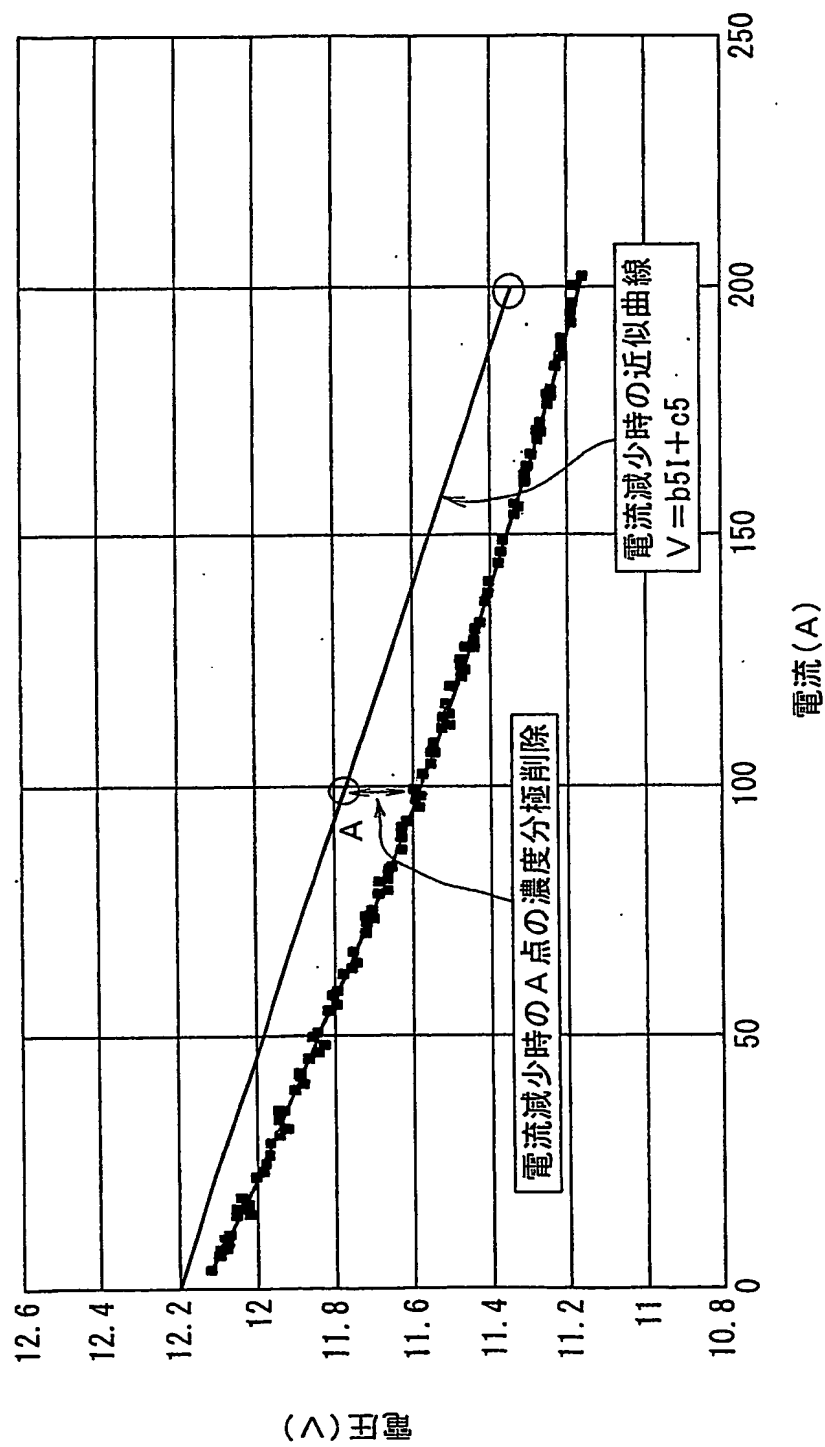




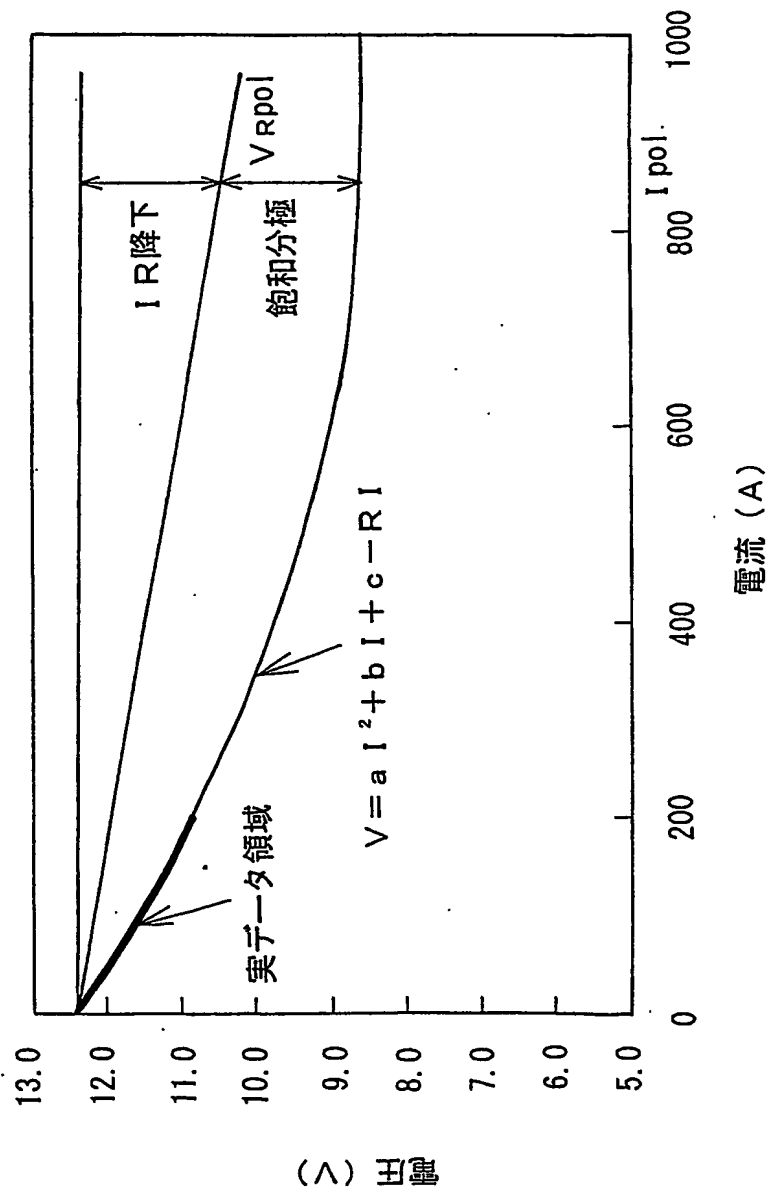
第6図



第7図



第8図



第9図

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003925

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2002-243814 A (Yazaki Corp.), 28 August, 2002 (28.08.02), Full text; all drawings & US 2002/0053910 A1 & DE 10154530 A1	1, 3, 4 2
Y A	JP 8-339834 A (Nippon Hoso Kyokai), 24 December, 1996 (24.12.96), Full text; all drawings (Family: none)	1, 3, 4 2
A	JP 2002-247702 A (Yazaki Corp.), 30 August, 2002 (30.08.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
11 June, 2004 (11.06.04)

Date of mailing of the international search report  
06 July, 2004 (06.07.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01R 31/36

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01R 31/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-243814 A (矢崎総業株式会社) 2002. 08. 28, 全文, 全図 & US 2002/0053910 A1 & DE 10154530 A1	1, 3, 4
A		2
Y	JP 8-339834 A (日本放送協会) 1996. 12. 24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 3, 4
A		2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 06. 2004

国際調査報告の発送日

06. 7. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

武田 知晋

2 S

9805

電話番号 03-3581-1101 内線 3256

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-247702 A (矢崎総業株式会社) 2002.08.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**